

(19) **FEDERAL REPUBLIC  
OF GERMANY**



**GERMAN  
PATENT AND  
TRADEMARK OFFICE**

(12) **Patent Application  
(Unexamined)**

(10) **DE 198 28 614 A 1**

(51) **Int. Cl.:**  
**H 04 J 14/00**  
H 04 B 10/12  
H 04 B 10/04

(21) **File No.:** 198 28 614.7  
(22) **Filing date:** June 26, 1998  
(43) **Date laid open to the public:** December 30, 1999

**(71) Applicant:**

AMS Optotech Vertrieb GmbH, 82152 Planegg,  
DE

**(74) Agent:**

Eder & Schieschke, Patent Attorneys, 80796  
Munich

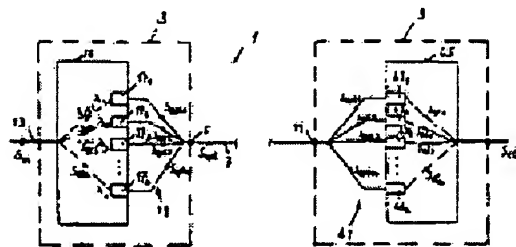
**(72) Inventor:**

Müller, Claus-Georg, 82152 Krailling, DE

The following information is taken from the documents submitted by the applicant.

**(54) Method and device for optical data transmission via light waveguides**

**(57)** The invention concerns a method for optical data transmission via light waveguides, wherein the electrical ( $S_e$ ) or optical information signal ( $S_{opt}$ ) to be transmitted is decomposed into plural subsignals ( $S_{el}$  to  $S_{en}$ ) of in each case smaller bandwidth, wherein each subsignal ( $S_{el}$  to  $S_{en}$ ) is converted into an optical subsignal ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ) having in each case a different central wavelength ( $\lambda_1$  to  $\lambda_n$ ) or optical carrier frequency and/or different orthogonal polarization, wherein optical subsignals ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ) are transmitted on a light waveguide forming the transmission path (7), and wherein at the end of the transmission path (7) the optical subsignals ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ) are each detected again separately and recombined into the information signal ( $S_e$ ) to be transmitted. The invention further concerns a transmission unit and a reception unit and an entire system for implementing the method of the invention.



## Description

The invention concerns a method and a device for optical data transmission via light waveguides.

For data transmission via light waveguides, an electrical signal is usually converted by means of an optical transmission element, for example a laser diode, into an optical signal having a transmission spectrum with a defined central wavelength and a defined optical bandwidth and is coupled into a light waveguide. At the end of the transmission path, the signal is reconverted from optical to electrical form and processed further. If it is not possible to transmit over the desired length owing to the bandwidth limit or dispersion limit of the light waveguide, amplifiers are usually inserted in the transmission path. These can be ordinary repeater amplifiers or optical amplifiers, e.g. fiber amplifiers. With this method, however, only a fraction of the transmission capacity of a light waveguide is used.

To make better use of the transmission capacity of a light waveguide, it is known to transmit plural electrical information signals in wavelength-multiplexed or polarization-multiplexed format over a single light waveguide. In this process, the individual electrical signals are each converted into optical information signals, and the optical transmission elements, usually narrowband laser diodes, generate optical signals having a transmission spectrum with a different central wavelength in each case or optical signals with mutually orthogonal polarization directions. These optical signals are then combined into an optical wavelength-multiplexed signal by means of a coupler, usually a passive coupler, and are transmitted over a single light waveguide. At the end of the transmission path, the wavelength-multiplexed signal is redivided into the individual optical signals. These signals are converted from optical to electrical form for further processing. Multiplexed transmission makes for ideal or improved utilization of the transmission capacity of the light waveguide.

The design of the transmission system is usually contemporaneous with the planning of the transmission path. This has the advantage of enabling the transmission system and the transmission path to be adapted in optimum fashion to the application concerned. The transmission path is configured so that the total attenuation and especially the total dispersion and the optical bandwidth allow the signal concerned to be transmitted on every optical channel. Frequently, and especially in the case of multimode light waveguides, the bandwidth limit plays a more important role than the attenuation limit. Repeater amplifiers must then be inserted in the line where needed. This entails relatively high expenditures, however, since onerous structural measures are usually required on the line in addition to the necessary wiring expenditure.

The object of the present invention is, therefore, to provide a method for optical data transmission via light waveguides, and transmission and reception units suited therefor, by means of which a signal can be transmitted over a bandwidth-limited or dispersion-limited path with comparatively low expenditure.

The invention achieves this object by means of the features of Claims 1, 3 and 6.

The point of departure for the invention is, for example, the case in which an (electrical) information signal is present at the beginning of a transmission path and can no longer be transmitted, either at all or with the desired quality, because of the dispersion limit or bandwidth limit of the existing transmission path or the individual light waveguides of said transmission path. This information signal is preferably a uniform signal, for example the signal for a television channel, voice channel or the like. It can also, of course, already be in the form of an information signal containing plural individual data, for example multiple television or voice channels. Such a composite information signal will usually be in the form of a time-multiplexed signal.

The invention is based on the realization that such an information signal that cannot be transmitted as a uniform optical signal over the existing transmission path can first be split into plural subsignals, each subsignal converted into an optical subsignal, and the optical subsignals transmitted simultaneously over the existing optical transmission path. The optical subsignals have spectra of different central wavelengths or different optical carrier frequencies and/or different orthogonal polarization directions.

In this manner, the optical subsignals can be re-separated into individual optical subsignals in a suitable reception unit at the end of the transmission path and converted back into electrical subsignals. The electrical subsignals can then in turn be combined into the original information signal.

This has the advantage that (electrical) information signals can be transmitted over an existing optical transmission path even if they are such that their bandwidth-length product would be too small or their dispersion too large at a given transmission wavelength for them to be transmitted at all or with sufficient quality with the use of a single optical transmission element (having the final width of the transmission spectrum). Unlike existing wavelength-multiplexed transmission systems, in which different individual electrical information signals are converted into corresponding optical information signals and transmitted over a transmission path, the invention takes the approach of first separating an existing electrical information signal into electrical subsignals, then transmitting these subsignals in wavelength-multiplexed or polarization-multiplexed format, and subsequently recombining them into the (uniform) information signal.

This transmission method according to the invention and the transmission and reception units suited therefor are particularly well suited for increasing the capacity of existing transmission paths, especially in the case of multimode light waveguides. The electrical information signal with a higher

bandwidth or higher bit rate that is generated in order to increase capacity need only be delivered to a transmission unit according to the invention and the optical output of the transmission unit connected to the existing transmission path. At the receiving end, the optical output of the transmission path must be connected to the input of a reception unit according to the invention, and the transmitted information signal having a higher bandwidth or higher bit rate reappears at the output of the reception unit. There is no need for any of the structural work on the transmission path that would be necessary with the use of repeater amplifiers.

In one embodiment of the invention, the information signal present in digital form is decomposed into digital subsignals according to predefined processing instructions. To accomplish this, for example every  $n$ th bit or every  $n$ th set of  $m$  bits can be assigned to one of  $n$  subsignals. In this case, the bit duration of each of the subsignals can be selected as greater by the factor  $n$  than the bit duration of the original digital information signal.

The optical subsignals that have been transmitted and converted into electrical subsignals can then be recombined in the opposite manner. To this end, one bit or one set of  $m$  bits from each of the  $n$  subsignals can be combined successively, in a set sequence, to form the original digital information signal. If the bit duration of the subsignals was increased for transmission over the optical transmission path, it must, of course, be reduced by the appropriate factor before the subsignals can be combined into the electrical information signal.

Further embodiments of the invention will be apparent from the dependent claims.

The invention will now be described in more detail with reference to an exemplary embodiment depicted in the drawing.

The single drawing is a schematic diagram of a system for optical data transmission via a single light waveguide according to the invention.

The system for optical data transmission illustrated in the figure comprises a transmission unit 3 whose output 5 is connected to a transmission path 7. Said transmission path is a light waveguide, which is usually disposed inside a laid cable. The system 1 for optical data transmission further comprises a reception unit 9 whose optical input 11 is connected to the end of transmission path 7 and thus of the light waveguide concerned.

An electrical information signal  $S_{el}$  is delivered to the electrical input 13 of transmission unit 3. To split electrical information signal  $S_{el}$  into electrical subsignals  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ , transmission unit 3 comprises a transmitted-signal processing unit 15.

The electrical information signal  $S_{el}$  can be, for example, a digital signal with a given (high) bit rate, and from this information signal  $S_{el}$  present at output 13, transmitted-signal processing unit 15

generates subsignals  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$  having a lower bit rate, preferably by the factor  $n$ . To do this, transmitted-signal processing unit 15 can assign every  $n$ th bit or every  $n$ th set of  $m$  bits in the original information signal  $S_{el}$  to the individual subsignals in a set sequence.

Transmitted-signal processing unit 15 delivers each of the subsignals  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$  that it generates to an optical transmission element  $17_1$  to  $17_n$ . Each optical transmission element converts the electrical subsignal concerned,  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ , into an optical subsignal  $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ . The individual optical subsignals are combined by an optical coupling unit 19 into an optical information signal  $S_{opt}$  that is delivered to transmission path 7. Each of optical subsignals  $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$  has a transmission spectrum with a different central wavelength, the intervals between adjacent central wavelengths being selected to keep crosstalk to a sufficiently low level. The optical subsignals can also, however, have different, mutually orthogonal polarization directions, thereby permitting transmission in polarization-multiplexed (mode-multiplexed) format. For this purpose, transmission path 7 is preferably implemented as a polarization-maintaining single-mode fiber. This enables two optical subsignals with mutually orthogonal polarization directions to be transmitted at each wavelength.

The optical information signal  $S_{opt}$  is routed to the reception unit 9 of an additional optical coupling unit 21. Optical coupling unit 21 reseparates the optical information signal  $S_{opt}$  into individual optical subsignals  $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ . For purposes of simplification, these receiving-end optical subsignals have been identified in the same manner as the optical subsignals at the transmitting end. However, the optical subsignals at the receiving end are naturally affected by the transmission characteristic of the transmission path.

The optical coupling units 19 and 21 can be realized in a standard manner. In the case of coupling unit 19, for example, a simple, suitably broadbanded  $n \times 1$  coupler can be used. At the receiving end, coupling unit 21 must, in addition to its function of splitting into different signal paths, also perform a filtering function, so that only the desired optical subsignal concerned is present at the output of the coupling unit at any given time. For example, optical coupling unit 21 can be implemented as a phased array. Such a phased array must have one optical input and  $n$  optical outputs, as dictated by the desired topology of coupling unit 21. With such implementation as a phased array, a bandpass filter characteristic can be attained between the common input and each output.

Each optical output of optical coupling unit 21 is connected to an optical receiving element  $23_1$  to  $23_n$ , said receiving elements serving to convert the optical subsignals  $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$  into electrical subsignals  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ . If the information signal to be transmitted is a digital signal, because of the potential for complete recovery, receiving-end electrical subsignals  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$  can be identical to receiving-end [sic] electrical subsignals  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ .

Reception unit 9 comprises a received-signal processing unit 25 for regenerating the electrical subsignals and combining electrical subsignals  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$  into transmitted electrical information signal  $S_{el}$ .

In the foregoing example of the splitting of an electrical signal  $S_{el}$  present in digital form into  $n$  digital electrical subsignals  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ , received-signal processing unit 25 can execute the combining of the individual electrical subsignals into electrical information signal  $S_{el}$  in such a way that in the same sequence in which the electrical information signal is decomposed into individual electrical subsignals, one bit or one set of  $m$  bits is taken successively in the proper sequence from each of the  $n$  subsignals  $S_{el1}$  to  $S_{eln}$  and is combined in that sequence into the digital information signal  $S_{el}$ .

In this case, the bit duration of the subsignals can be greater by the factor  $n$  than the bit duration of the information signal to be transmitted. If, after the information signal was split into individual subsignals, the bit duration was increased by transmitted-signal processing unit 15 so as to reduce the necessary bandwidth for transmission of the individual signals, then before combining the electrical subsignals into the overall information signal, received-signal processing unit 25 must, of course, reduce the bit duration by the same factor.

## Claims

1. A method for optical data transmission via light waveguides,
  - a) wherein the electrical ( $S_{el}$ ) or optical information signal ( $S_{opt}$ ) to be transmitted is decomposed into plural subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ) of in each case smaller bandwidth,
  - b) wherein each subsignal ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ) is converted into an optical subsignal ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ) having in each case a different central wavelength ( $\lambda_1$  to  $\lambda_n$ ) or optical carrier frequency and/or different orthogonal polarization,
  - c) wherein optical subsignals ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ) are transmitted over a light waveguide forming the transmission path (7), and
  - d) wherein at the end of the transmission path (7) the optical subsignals ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ) are each detected again separately and are recombined into the information signal ( $S_{el}$ ) to be transmitted.
2. The method as recited in claim 1, characterized in that said light waveguide is a multimode waveguide.
3. A transmission unit for optical signal transmission, particularly for implementing the method recited in one of the preceding claims,
  - a) comprising a transmitted-signal processing unit (15) for separating a to-be-transmitted electrical information signal ( $S_{el}$ ) into plural electrical subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ),
  - b) comprising plural optical transmission elements ( $17_1$  to  $17_n$ ) to which said electrical subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ) are delivered and which generate from said electrical subsignals ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ) [sic] optical subsignals having transmission spectra with in each case different central wavelengths ( $\lambda_1$  to  $\lambda_n$ ) or carrier wavelengths [sic] and/or different orthogonal polarization, and
  - c) comprising a coupling unit (19) that combines said optical subsignals ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ) into an optical information signal ( $S_{opt}$ ) and delivers them to an optical output (5).
4. The transmission unit as recited in claim 3, characterized in that said transmitted-signal processing unit (15) decomposes a digital information signal into digital subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ) according to predefined processing instructions.
5. The transmission unit as recited in claim 4, characterized in that said transmitted-signal processing unit (15) assigns each nth bit or each nth set of m bits to one of n subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ).
6. The transmission unit as recited in claim 5, characterized in that the bit duration of said subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ) is greater by the factor n than the bit duration of said digital information signal ( $S_{el}$ ).

7. A reception unit for optical signal transmission, particularly for implementing the method recited in either of claims 1 and 2,
- a) comprising a coupling unit (21) that separates an optical signal ( $S_{opt}$ ) present at an optical input (11) and transmitted in wavelength-multiplexed and/or polarization-multiplexed form into said optical subsignals ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ),
  - b) comprising plural optical receiving elements ( $23_1$  to  $23_n$ ) to which said optical subsignals ( $S_{opt1}$  to  $S_{optn}$ ) are delivered and which generate from said optical subsignals electrical subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ), and
  - c) comprising a received-signal processing unit (25) for combining said electrical subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ) according to predefined instructions to form an electrical information signal ( $S_{el}$ ).
8. The reception unit as recited in claim 7, characterized in that said received-signal processing unit (25) combines digital subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ) according to predefined processing instructions to form a digital information signal ( $S_{el}$ ).
9. The reception unit as recited in claim 8, characterized in that said received-signal processing unit (25) combines one bit or one set of  $m$  bits from each of  $n$  subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ) successively, in a set sequence, to form a digital information signal ( $S_{el}$ ).
10. The reception unit as set forth in claim 9, characterized in that the bit duration of said subsignals ( $S_{el1}$  to  $S_{eln}$ ) is greater by the factor  $n$  than the bit duration of said digital information signal ( $S_{el}$ ).
11. A system for optical data transmission, particularly according to the method recited in either of claims 1 and 2, comprising a transmission unit (3) as recited in one of claims 3 to 6 and a reception unit (9) as recited in one of claims 7 to 10.

1 page(s) of drawings appended



- Blank page -





①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 28 614 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 04 J 14/00**  
H 04 B 10/12  
H 04 B 10/04

⑦1 Aktenzeichen: 198 28 614.7  
⑦2 Anmeldetag: 26. 6. 98  
④3 Offenlegungstag: 30. 12. 99

DE 198 28 614 A 1

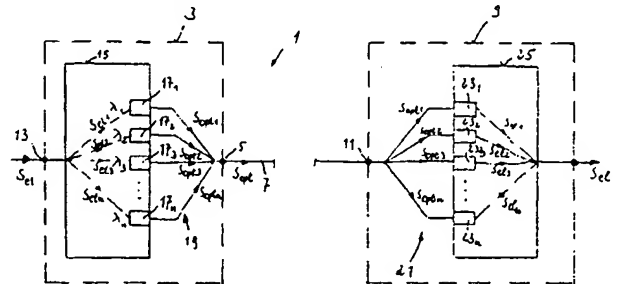
⑦1 Anmelder:  
AMS Optotech Vertrieb GmbH, 82152 Planegg, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Patentanwälte Eder & Schieschke, 80796 München

⑦2 Erfinder:  
Müller, Claus-Georg, 82152 Krailling, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur optischen Datenübertragung über Lichtwellenleiter

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Datenübertragung über Lichtwellenleiter, bei dem das zu übertragende elektrische ( $S_{el}$ ) oder optische Informationssignal ( $S_{opt}$ ) in mehrere Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) mit jeweils geringerer Bandbreite zerlegt wird, bei dem jedes Teilsignal ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) in ein optisches Teilsignal ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) mit jeweils unterschiedlicher Mittenwellenlänge ( $\lambda_1$  bis  $\lambda_n$ ) oder optischer Trägerfrequenz und/oder unterschiedlicher orthogonaler Polarisation umgesetzt wird, bei dem optische Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) auf einer die Übertragungsstrecke (7) bildenden Lichtwellenleiter übertragen werden, und bei dem die optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) am Ende der Übertragungsstrecke (7) jeweils wieder getrennt detektiert und zu dem zu übertragenden Informationssignal ( $S_{el}$ ) zusammengesetzt werden. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Sendeeinheit und eine Empfangseinheit sowie ein gesamtes System zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens.



DE 198 28 614 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur optischen Datenübertragung über Lichtwellenleiter.

Zur Datenübertragung über Lichtwellenleiter wird üblicherweise ein elektrisches Signal mittels eines optischen Sendeelements, beispielsweise einer Laserdiode, in ein optisches Signal mit einem Sendespektrum mit einer bestimmten Mittenwellenlänge und einer bestimmten optischen Bandbreite umgesetzt und in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt. Am Ende der Übertragungsstrecke wird das Signal wieder optisch-elektrisch gewandelt und weiter verarbeitet. Ist eine Übertragung über die gewünschte Länge infolge der Bandbreiten- oder Dispersionsbegrenzung des Lichtwellenleiters nicht möglich, so werden in der Übertragungsstrecke üblicherweise Verstärker eingesetzt. Hierbei kann es sich um üblicher Repeaterverstärker oder optische Verstärker, z. B. Faserverstärker, handeln. Bei diesem Verfahren wird jedoch nur ein Bruchteil der Übertragungskapazität eines Lichtwellenleiters genutzt.

Zur besseren Ausnutzung der Übertragungskapazität eines Lichtwellenleiters ist es bekannt, mehrere elektrische Informationssignale im Wellenlängenmultiplex oder Polarisations-Multiplex über einen einzigen Lichtwellenleiter zu übertragen. Dabei werden die einzelnen elektrischen Signale jeweils in optische Informationssignale umgesetzt, wobei die optischen Sendeelemente, meist schmalbandige Laserdioden, jeweils optische Signale mit einem Sendespektrum mit jeweils unterschiedlicher Mittenwellenlänge bzw. optische Signale mit zueinander orthogonalen Polarisationsrichtungen erzeugen. Diese optischen Signale werden dann mittels eines meist passiven Kopplers zu einem optischen Wellenlängenmultiplex-Signal zusammengefasst und auf einen einzigen Lichtwellenleiter übertragen. Am Ende der Übertragungsstrecke wird das Wellenlängenmultiplex-Signal wieder in die einzelnen optischen Signale aufgeteilt. Diese werden zur weiteren Verarbeitung optisch-elektrisch umgesetzt. Durch die Multiplex-Übertragung ergibt sich eine optimale bzw. verbesserte Ausnutzung der Übertragungskapazität des Lichtwellenleiters.

Üblicherweise wird die Konzipierung des Übertragungssystems gleichzeitig mit der Planung der Übertragungsstrecke vorgenommen. Dies hat den Vorteil, dass Übertragungssystem und Übertragungsstrecke optimal auf den jeweils gegebenen Anwendungsfall abgestimmt werden können. Die Übertragungsstrecke wird dabei so ausgelegt, dass die Gesamtdämpfung und insbesondere die gesamte Dispersion bzw. die optische Bandbreite in jedem optischen Kanal die Übertragung des betreffenden Signals ermöglicht. Vor allem bei Multimode-Lichtwellenleitern spielt die Bandbreitenbegrenzung häufig eine größere Rolle als die Dämpfungsbegrenzung. Erforderlichenfalls müssen dann in der Strecke Repeaterverstärker eingesetzt werden. Dies ist jedoch mit einem relativ hohen Aufwand verbunden, da hierzu in der Strecke zusätzlich zum notwendigen schaltungstechnischen Aufwand meist aufwendige bauliche Maßnahmen erforderlich sind.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur optischen Datenübertragung über Lichtwellenleiter bzw. hierzu geeignete Send- und Empfangseinheiten zu schaffen, wobei mit verhältnismäßig geringem Aufwand die Übertragung eines Signals über eine bandbreitenbegrenzte bzw. dispersionsbegrenzte Strecke ermöglicht wird.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 bzw. 3 und 6.

Ausgangspunkt für die Erfindung ist beispielsweise der Fall, dass zu Beginn einer Übertragungsstrecke ein (elektri-

sches) Informationssignal vorliegt, welches infolge der Dispersionsbegrenzung bzw. Bandbreitenbegrenzung der vorliegenden Übertragungsstrecke bzw. der einzelnen Lichtwellenleiter der Übertragungsstrecke nicht mehr bzw. nicht mehr mit der gewünschten Qualität übertragen werden kann. Vorzugsweise wird es sich bei dem Informationssignal um ein einheitliches Signal handeln, beispielsweise das Signal für einen Fernsehkanal, Sprachkanal oder dergleichen. Selbstverständlich kann es sich jedoch auch bereits um ein Informationssignal handeln, das mehrere Einzelinformationen beinhaltet, beispielsweise mehrere Fernseh- oder Sprachkanäle. Ein derartiges zusammengefasstes Informationssignal wird meist als Zeitmultiplex-Signal vorliegen.

Die Erfindung geht nunmehr von der Erkenntnis aus, dass ein derartiges Informationssignal, welches nicht als einheitliches optisches Signal über die vorhandene Übertragungsstrecke übertragen werden kann, zunächst in mehrere Teilsignale aufgespalten wird, jedes Teilsignal in ein optisches Teilsignal umgesetzt und die optischen Teilsignale simultan auf der vorhandenen optischen Übertragungsstrecke übertragen werden. Die optischen Teilsignale weisen dabei ein Spektrum unterschiedlicher Mittenwellenlängen oder eine unterschiedliche optische Trägerfrequenz und/oder unterschiedliche orthogonale Polarisationsrichtungen auf.

Auf diese Weise können die optischen Teilsignale am Ende der Übertragungsstrecke in einer entsprechenden Empfangseinheit wieder in einzelne optische Teilsignale separiert und in elektrische Teilsignale umgesetzt werden. Die elektrischen Teilsignale können dann wiederum zu dem ursprünglichen Informationssignal zusammengesetzt werden.

Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass auch solche (elektrischen) Informationssignale über eine bereits vorhandene optische Übertragungsstrecke übertragbar sind, deren Bandbreite-Längenprodukt bei einer vorgegebenen Übertragungswellenlänge zu klein bzw. deren Dispersion bei einer vorgegebenen Übertragungswellenlänge zu groß wäre, um das Informationssignal überhaupt oder mit ausreichender Qualität unter Verwendung eines einzigen optischen Sendeelements (mit endlicher Breite des Sendespektrums) übertragen zu können. Anders als vorhandene Wellenlängenmultiplex-Übertragungssysteme, bei denen verschiedene einzelne elektrische Informationssignale in entsprechende optische Informationssignale umgewandelt und auf einer Übertragungsstrecke übertragen werden, geht die Erfindung den Weg, ein vorhandenes elektrisches Informationssignal zunächst in elektrische Teilsignale aufzutrennen, diese dann im Wellenlängenmultiplex bzw. Polarisations-Multiplex zu übertragen und anschließend wieder zu dem (einheitlichen) Informationssignal zusammenzufassen.

Dieses erfindungsgemäße Übertragungsverfahren bzw. die hierzu geeigneten Send- und Empfangseinheiten eignen sich insbesondere zur Kapazitätserhöhung vorhandener Übertragungsstrecken, vor allem im Fall von Multimode-Lichtwellenleitern. Das zur Kapazitätserhöhung erzeugte elektrische Informationssignal mit höherer Bandbreite bzw. höherer Bitrate muss lediglich einer Sendeeinheit nach der Erfindung zugeführt werden und der optische Ausgang der Sendeeinheit mit der vorhandenen Übertragungsstrecke verbunden werden. Empfangsseitig muss der optische Ausgang der Übertragungsstrecke mit dem Eingang einer Empfangseinheit nach der Erfindung verbunden werden und am Ausgang der Empfangseinheit entsteht wiederum das übertragene Informationssignal mit höherer Bandbreite bzw. höherer Bitrate. Bauliche Eingriffe in die Übertragungsstrecke, wie das beim Einsatz von Repeaterverstärkern der Fall wäre, sind nicht erforderlich.

Nach einer Ausführungsform der Erfindung wird das in digitaler Form vorliegende Informationssignal nach einer

vorbestimmten Verarbeitungsvorschrift in digitale Teilsignale zerlegt. Hierzu kann beispielsweise jedes n-te Bit oder jede n-te Gruppe von m Bit einem von n Teilsignalen zugeordnet werden. Die Bitdauer der Teilsignale kann in diesem Fall jeweils um den Faktor n größer gewählt werden als die Bitdauer des ursprünglichen digitalen Informationssignals.

Das Zusammenfassen der übertragenen und in elektrische Teilsignale umgesetzten optischen Teilsignale kann dann in umgekehrter Weise erfolgen. Hierzu werden in einer festgelegten Reihenfolge jeweils ein Bit oder eine Gruppe von m Bit eines der n Teilsignale nacheinander zu dem ursprünglichen digitalen Informationssignal zusammengefaßt. Falls die Bitdauer der Teilsignale zur Übertragung über die optische Übertragungsstrecke erhöht wurde, muss diese selbstverständlich wieder um den entsprechenden Faktor reduziert werden, bevor ein Zusammenfassen zu dem elektrischen Informationssignal möglich ist.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die einzige Zeichnung zeigt eine schematische Darstellung eines Systems zur optischen Datenübertragung über einen einzigen Lichtwellenleiter nach der Erfindung.

Das in der Figur dargestellte System zur optischen Datenübertragung umfasst eine Sendeeinheit 3, deren Ausgang 5 mit einer Übertragungsstrecke 7 verbunden ist. Bei der Übertragungsstrecke handelt es sich um einen Lichtwellenleiter, der üblicherweise innerhalb eines verlegten Kabels vorgesehen ist. Des weiteren umfasst das System 1 zur optischen Datenübertragung eine Empfangseinheit 9, deren optischer Eingang 11 mit dem Ende der Übertragungsstrecke 7 bzw. des betreffenden Lichtwellenleiters verbunden ist.

Dem elektrischen Eingang 13 der Sendeeinheit 3 wird ein elektrisches Informationssignal  $S_{el}$  zugeführt. Zur Aufspaltung des elektrischen Informationssignals  $S_{el}$  in elektrische Teilsignale  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  umfasst die Sendeeinheit 3 eine Sendesignalverarbeitungseinheit 15.

Bei dem elektrischen Informationssignal  $S_{el}$  kann es sich beispielsweise um ein digitales Signal mit vorgegebener (hoher) Bitrate handeln, wobei die Sendesignalverarbeitungseinheit 15 aus dem am Eingang 13 anliegenden Informationssignal  $S_{el}$  Teilsignale  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  erzeugt, die eine, vorzugsweise um den Faktor n niedrigere Bitrate aufweisen. Hierzu kann die Sendesignalverarbeitungseinheit 15 jeweils jedes n-te Bit oder jede n-te Gruppe von m Bit des ursprünglichen Informationssignals  $S_{el}$  in einer vorbestimmten Reihenfolge den einzelnen Teilsignalen zuordnen.

Die Sendesignalverarbeitungseinheit 15 führt jedes der von ihr erzeugten Teilsignale  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  einem optischen Sendeelement 17<sub>1</sub> bis 17<sub>n</sub> zu. Jedes der optischen Sendeelemente wandelt das betreffende elektrische Teilsignal  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  in ein optisches Teilsignal  $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$  um. Die einzelnen optischen Teilsignale werden mittels einer optischen Kuppeleinheit 19 zu einem optischen Informationssignal  $S_{opt}$  zusammengefasst, welches der Übertragungsstrecke 7 zugeführt ist. Jedes der optischen Teilsignale  $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$  weist ein Sendespektrum mit jeweils unterschiedlicher Mittenwellenlänge auf, wobei die Abstände zwischen benachbarten Mittenwellenlängen so gewählt ist, dass ein ausreichend geringes Nebensprechen entsteht. Die optischen Teilsignale können jedoch auch unterschiedliche, zueinander orthogonale Polarisationsrichtungen aufweisen, so dass eine Übertragung im Polarisations(Moden)-Multiplex möglich ist. Hierzu wird man die Übertragungsstrecke 7 vorzugsweise in Form einer polarisationserhaltenden Einmodenfaser ausbilden. Damit können bei jeder Wellenlänge zwei op-

tische Teilsignale mit zueinander orthogonalen Polarisationsrichtungen übertragen werden.

Das optische Informationssignal  $S_{opt}$  wird in der Empfangseinheit 9 einer weiteren optischen Kuppeleinheit 21 zugeführt. Die optische Kuppeleinheit 21 trennt das optische Informationssignal  $S_{opt}$  wieder in die einzelnen optischen Teilsignale  $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$  auf. Diese empfangsseitigen optischen Teilsignale werden zur Vereinfachung ebenso bezeichnet wie die sendeseitigen optischen Teilsignale. Selbstverständlich sind die empfangsseitigen optischen Teilsignale jedoch mit der Übertragungscharakteristik der Übertragungsstrecke beaufschlagt.

Die optischen Kuppeleinheiten 19 bzw. 21 können in üblicher Weise realisiert sein. Im Fall der Kuppeleinheit 19 kann beispielsweise ein einfacher, entsprechend breitbandiger  $n \times 1$  Koppler verwendet werden. Auf der Empfangsseite muss die Kuppeleinheit 21 zusätzlich zur ihrer Funktion einer Aufspaltung in verschiedene Signalwege eine Filterfunktion übernehmen, so dass am Ausgang der Kuppeleinheit jeweils nur das betreffende gewünschte optische Teilsignal anliegt. Beispielsweise kann die optische Kuppeleinheit 21 als Phased-Array ausgebildet sein. Ein derartiges Phased-Array muss entsprechend der gewünschten Topologie der Kuppeleinheit 21 einen optischen Eingang und n optische Ausgänge aufweisen. Durch die Ausbildung als Phased-Array wird erreicht, dass zwischen dem gemeinsamen Eingang und jedem Ausgang eine Bandpass-Filtercharakteristik erzielbar ist.

Jeder optische Ausgang der optischen Kuppeleinheit 21 ist mit einem optischen Empfangselement 23<sub>1</sub> bis 23<sub>n</sub> verbunden, wobei die Empfangselemente die optischen Teilsignale  $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$  in die elektrischen Teilsignale  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  umformen. Handelt es sich bei dem zu übertragenden Informationssignal um ein digitales Signal, so können die empfangsseitigen elektrischen Teilsignale  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  in Folge der möglichen vollständigen Wiederherstellung mit den empfangsseitigen elektrischen Teilsignalen  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  identisch sein.

Die Empfangseinheit 9 weist zur Regenerierung der elektrischen Teilsignale und für das Zusammenfassen der elektrischen Teilsignale  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  zu dem übertragenen elektrischen Informationssignal  $S_{el}$  eine Empfangs-Signalverarbeitungseinheit 25 auf.

Für das vorstehend erläuterte Beispiel der Aufspaltung eines digital vorliegenden elektrischen Signals  $S_{el}$  zu n digitalen elektrischen Teilsignalen  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  kann die Empfangs-Signalverarbeitungseinheit 25 das Zusammenführen der einzelnen elektrischen Teilsignale zu dem elektrischen Informationssignal  $S_{el}$  so vornehmen, dass in derselben Reihenfolge, in der das Zerlegen des elektrischen Informationssignals in einzelne elektrische Teilsignale erfolgt ist, jeweils nacheinander in der richtigen Reihenfolge ein Bit oder eine Gruppe von m Bit eines der n Teilsignale  $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$  entnommen und in dieser Reihenfolge zu dem digitalen Informationssignal  $S_{el}$  zusammengesetzt wird.

Die Bitdauer der Teilsignale kann dabei um den Faktor n größer sein als die Bitdauer des zu übertragenden Informationssignals. Wurde von der Sendesignalverarbeitungseinheit 15 nach der Aufspaltung des Informationssignals in die einzelnen Teilsignale die Bitdauer zur Reduzierung der erforderlichen Bandbreite bei der Übertragung der einzelnen Teilsignale entsprechend vergrößert, so muss die Empfangs-Signalverarbeitungseinheit 25 selbständig vor einem Zusammenfassen der elektrischen Teilsignale zu dem gesamten Informationssignal die Bitdauer wieder um denselben Faktor reduzieren.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur optischen Datenübertragung über Lichtwellenleiter
  - a) bei dem das zu übertragende elektrische ( $S_{el}$ ) oder optische Informationssignal ( $S_{opt}$ ) in mehrere Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) mit jeweils geringerer Bandbreite zerlegt wird,
  - b) bei dem jedes Teilsignal ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) in ein optisches Teilsignal ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) mit jeweils unterschiedlicher Mittenwellenlänge ( $\lambda_1$  bis  $\lambda_n$ ) oder optischer Trägerfrequenz und/oder unterschiedlicher orthogonaler Polarisation umgesetzt wird,
  - c) bei dem optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) auf einer die Übertragungsstrecke (7) bildenden Lichtwellenleiter übertragen werden, und
  - d) bei dem die optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) am Ende der Übertragungsstrecke (7) jeweils wieder getrennt detektiert und zu dem zu übertragenden Informationssignal ( $S_{el}$ ) zusammengesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtwellenleiter ein Multimode-Lichtwellenleiter ist.
3. Sendeeinheit zur optischen Signalübertragung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
  - a) mit einer Sendesignalverarbeitungseinheit (15) zur Trennung eines zu übertragenden elektrischen Informationssignals ( $S_{el}$ ) in mehrere elektrische Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ),
  - b) mit mehreren optischen Sendeelementen ( $17_1$  bis  $17_n$ ), welchen die elektrischen Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) zugeführt sind und welche aus den elektrischen Teilsignalen ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) optische Teilsignale mit Sendespektren mit jeweils unterschiedlicher Mittenwellenlängen ( $\lambda_1$  bis  $\lambda_n$ ) oder Trägerwellenlängen und/oder unterschiedlicher orthogonaler Polarisation erzeugen, und
  - c) mit einer Koppereinheit (19), welche die optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) auf einem optischen Informationssignal ( $S_{opt}$ ) zusammenfasst und einem optischen Ausgang (5) zuführt.
4. Sendeeinheit nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendesignalverarbeitungseinheit (15) ein digitales Informationssignal nach einer vorbestimmten Verarbeitungsvorschrift in digitale Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) zerlegt.
5. Sendeeinheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendesignalverarbeitungseinheit (15) jedes n-te Bit oder jede n-te Gruppe von m Bit einem von n Teilsignalen ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) zuordnet.
6. Sendeeinheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bitdauer der Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) um den Faktor n größer ist als die Bitdauer des digitalen Informationssignals ( $S_{el}$ ).
7. Empfangseinheit zur optischen Signalübertragung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
  - a) mit einer Koppereinheit (21), welche ein an einem optischen Eingang (11) anliegendes, im Wellenlängenmultiplex und/oder Polarisations-Multiplex übertragenes optisches Signal ( $S_{opt}$ ) in die optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) trennt,
  - b) mit mehreren optischen Empfangselementen ( $23_1$  bis  $23_n$ ), welchen die optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) zugeführt sind und welche aus den

- optischen Teilsignalen elektrische Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) erzeugen und
- c) mit einer Empfangs-Signalverarbeitungseinheit (25) zur Zusammenfassung der elektrischen Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) zu einem elektrischen Informationssignals ( $S_{el}$ ) nach einer vorbestimmten Vorschrift.
8. Empfangseinheit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangs-Signalverarbeitungseinheit (25) digitale Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) nach einer vorbestimmten Verarbeitungsvorschrift zu einem digitalen Informationssignal ( $S_{el}$ ) zusammenfasst.
  9. Empfangseinheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangs-Signalverarbeitungseinheit (25) entsprechend einer festgelegten Reihenfolge jeweils ein Bit oder eine Gruppe von n Bit eines von n Teilsignalen ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) nacheinander zu einem digitalen Informationssignal ( $S_{el}$ ) zusammenfasst.
  10. Empfangseinheit nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Bitdauer der Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) um den Faktor n größer ist als die Bitdauer des digitalen Informationssignals ( $S_{el}$ ).
  11. System zur optischen Datenübertragung, insbesondere nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, mit einer Sendeeinheit (3) nach einem der Ansprüche 3 bis 6 und einer Empfangseinheit (9) nach einem der Ansprüche 7 bis 10.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

## 1. Verfahren zur optischen Datenübertragung über Lichtwellenleiter

- a) bei dem das zu übertragende elektrische ( $S_{el}$ ) oder optische Informationssignal ( $S_{opt}$ ) in mehrere Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) mit jeweils geringerer Bandbreite zerlegt wird,
- b) bei dem jedes Teilsignal ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) in ein optisches Teilsignal ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) mit jeweils unterschiedlicher Mittenwellenlänge ( $\lambda_1$  bis  $\lambda_n$ ) oder optischer Trägerfrequenz und/oder unterschiedlicher orthogonaler Polarisierung umgesetzt wird,
- c) bei dem optischen Teilsignalen ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) auf einer die Übertragungsstrecke (7) bildenden Lichtwellenleiter übertragen werden, und
- d) bei dem die optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) am Ende der Übertragungsstrecke (7) jeweils wieder getrennt detektiert und zu dem zu übertragenden Informationssignal ( $S_{el}$ ) zusammengesetzt werden.

## 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtwellenleiter ein Multimode-Lichtwellenleiter ist.

## 3. Sendeeinheit zur optischen Signalübertragung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- a) mit einer Sende-Signalverarbeitungseinheit (15) zur Trennung eines zu übertragenden elektrischen Informationssignals ( $S_{el}$ ) in mehrere elektrische Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ),
- b) mit mehreren optischen Sendeelementen ( $17_1$  bis  $17_n$ ), welchen die elektrischen Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) zugeführt sind und welche aus den elektrischen Teilsignalen ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) optische Teilsignale mit Sendespektren mit jeweils unterschiedlicher Mittenwellenlängen ( $\lambda_1$  bis  $\lambda_n$ ) oder Trägerwellenlängen und/oder unterschiedlicher orthogonaler Polarisierung erzeugen, und
- c) mit einer Koppereinheit (19), welche die optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) auf einem optischen Informationssignal ( $S_{opt}$ ) zusammenfasst und einem optischen Ausgang (5) zuführt.

4. Sendeeinheit nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sende-Signalverarbeitungseinheit (15) ein digitales Informationssignal nach einer vorbestimmten Verarbeitungsvorschrift in digitale Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) zerlegt.5. Sendeeinheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sende-Signalverarbeitungseinheit (15) jedes n-te Bit oder jede n-te Gruppe von m Bit einem von n Teilsignalen ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) zuordnet.6. Sendeeinheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bitdauer der Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) um den Faktor n größer ist als die Bitdauer des digitalen Informationssignals ( $S_{el}$ ).

## 7. Empfangseinheit zur optischen Signalübertragung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

- a) mit einer Koppereinheit (21), welche ein an einem optischen Eingang (11) anliegendes, im Wellenlängenmultiplex und/oder Polarisations-Multiplex übertragene optisches Signal ( $S_{opt}$ ) in die optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) trennt,
- b) mit mehreren optischen Empfangselementen ( $23_1$  bis  $23_n$ ), welchen die optischen Teilsignale ( $S_{opt1}$  bis  $S_{optn}$ ) zugeführt sind und welche aus den

optischen Teilsignalen elektrische Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) erzeugen und

c) mit einer Empfangs-Signalverarbeitungseinheit (25) zur Zusammenfassung der elektrischen Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) zu einem elektrischen Informationssignal ( $S_{el}$ ) nach einer vorbestimmten Vorschrift.

8. Empfangseinheit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangs-Signalverarbeitungseinheit (25) digitale Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) nach einer vorbestimmten Verarbeitungsvorschrift zu einem digitalen Informationssignal ( $S_{el}$ ) zusammenfasst.9. Empfangseinheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangs-Signalverarbeitungseinheit (25) entsprechend einer festgelegten Reihenfolge jeweils ein Bit oder eine Gruppe von n Bit eines von n Teilsignalen ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) nacheinander zu einem digitalen Informationssignal ( $S_{el}$ ) zusammenfasst.10. Empfangseinheit nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Bitdauer der Teilsignale ( $S_{el1}$  bis  $S_{eln}$ ) um den Faktor n größer ist als die Bitdauer des digitalen Informationssignals ( $S_{el}$ ).

## 11. System zur optischen Datenübertragung, insbesondere nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, mit einer Sendeeinheit (3) nach einem der Ansprüche 3 bis 6 und einer Empfangseinheit (9) nach einem der Ansprüche 7 bis 10.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

